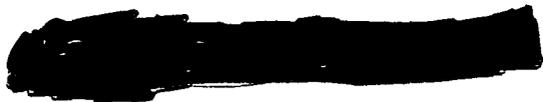


2

"Made available under NASA sponsorship
in the interest of early and wide dis-
semination of Earth Resources Survey
Program information and without liability
for any use made thereof."



E73 10822
CR-133323

MEMOIRES DU LABORATOIRE DE GEOMORPHOLOGIE
DE L'ECOLE PRATIQUE DES HAUTES ETUDES

(E73-10822) TELEDETECTION OF LITTORAL N73-27297
FRALIT PROGRAM ERIS-1 (Ecole Pratique
des Hautes Etudes) 24 p HC \$3.25
CSCI 08A Unclass
G3/13 00822

Fernand VERGER et Pierre DEMATHIEU

LA TELEDETECTION DU LITTORAL
Programme FRALIT Erts 1

n° 23

15 boulevard de la Mer
35800 - DINARD

Original photography may be purchased from:
EROS Data Center
10th and Dakota Avenue
Sioux Falls, SD 57198

1973

MEMOIRES DU LABORATOIRE DE GEOMORPHOLOGIE
DE L'ECOLE PRATIQUE DES HAUTES ETUDES
publiés sous la direction de F. Verger

LA TELEDETECTION DU LITTORAL
PROGRAMME FRALIT - ERTS-1

par

Fernand VERGER et Pierre DEMATHIEU
E.P.H.E. I.G.N.

Mémoire N° 23

Laboratoire de géomorphologie EPHE
15 boulevard de la Mer
F - 35800 - DINARD

1973

I

Le projet FRALIT

Parmi les projets retenus par la NASA dans le cadre de l'Etude des Ressources Terrestres, le projet FRALIT (French Atlantic Littoral) concerne l'étude du littoral océanique de la France grâce aux données fournies par le satellite ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite 1). L'accord conclu avec la NASA sous couvert du Centre National d'Etudes Spatiales ne comporte aucun octroi de crédits et la NASA comme les organismes français doivent supporter les frais de leur propre contribution. Le programme FRALIT dont F. Verger est le principal investigateur (PI. F.0429) associe l'Ecole Pratique des Hautes Etudes (3ème Section), l'Institut Géographique National et l'Université de Poitiers.

L'accord avec la NASA

L'orbite d'ERTS-1

Le satellite automatique ERTS-1 a été lancé le 23 juillet 1972 à partir de la base Vandenberg en Californie. Son orbite, inclinée de 99,114 degrés précessionne dans le même sens et à la même vitesse angulaire que le mouvement du Soleil moyen autour de la Terre (environ 1° par jour). L'heure de passage au noeud descendant a lieu à 9 h 42 en temps civil local et le passage au-dessus de la France occidentale a lieu vers 11 h 30 en heure légale. La période de révolution est de 103 minutes 16 secondes et l'altitude moyenne du satellite est d'environ 920 km (Figure 1).

MSS

Le seul système de télédétection qui intéresse le programme FRALIT est le système de balayage multispectral MSS (Multispectral Scanner). Ce système est sensible dans les quatre bandes spectrales suivantes :

Les bandes spectrales

Code NASA	Longueurs d'onde en nanomètres	Couleurs
4	500 - 600	Vert
5	600 - 700	Orangé - rouge
6	700 - 800	Rouge - infra-rouge
7	800 - 1100	Infra-rouge

Les détecteurs sont des tubes photomultiplicateurs pour les bandes 4, 5 et 6 et des photodiodes au silicium pour la bande 7. Il y a six cellules sensibles

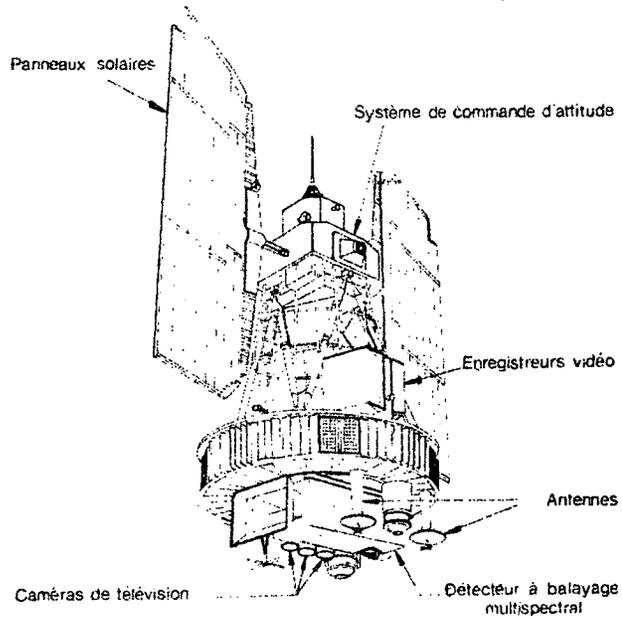


Figure 1 : Le satellite ERTS-1.
(d'après le Data Users Handbook de la NASA).

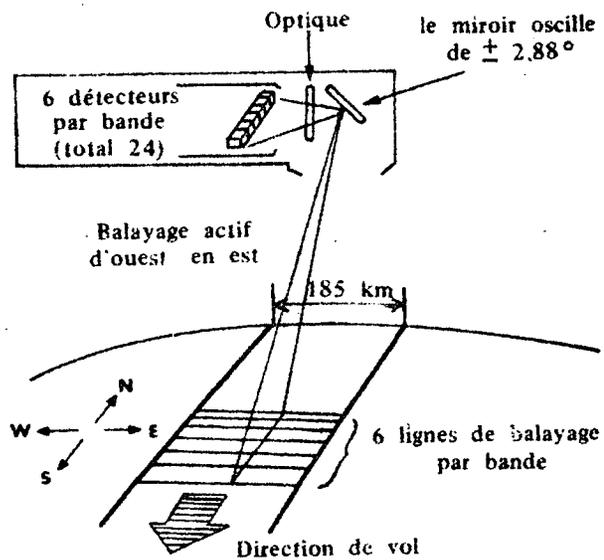


Figure 2 : Enregistrement par balayage multispectral MSS.
(d'après le Data Users Handbook de la NASA).

Le balayage

dans chacune des bandes, soit 24 cellules en tout. Ces cellules sont disposées dans le plan focal d'un télescope. Celui-ci reçoit l'image du sol par un miroir qui oscille de $2^{\circ} 88$, à raison de 13 périodes par seconde. Il s'ensuit un balayage de la surface terrestre par des lignes perpendiculaires à la trajectoire du satellite. Ce balayage est actif d'Ouest en Est et passif dans le sens opposé. Il couvre une bande de la surface terrestre de 185 kilomètres de large (Figure 2).

La tache unitaire au sol

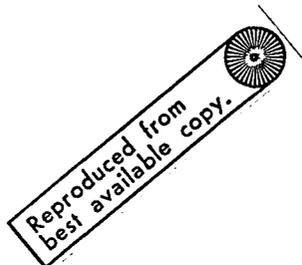
La largeur de chaque ligne élémentaire est de 79 mètres au sol et celle des six lignes de 474 mètres. L'information correspond au sol à un carré de 79 mètres de côté. Ces carrés se recouvrent légèrement dans le sens du balayage puisqu'il en existe un tous les 56 mètres, mais se juxtaposent dans le sens de la trajectoire du satellite. L'information correspondant à cette tache unitaire de 79 mètres de côté est codée en mots de 6 bits ; le flux d'information est de $2,5 \cdot 10^6$ bits par seconde. Des informations auxiliaires permettant d'éliminer les irrégularités d'oscillation du miroir ou d'étalement les échelles de densité, sont transmises au sol.

Enregistrement des données

Puisqu'au-dessus du programme FRALIT, le satellite ERTS-1 n'est pas en vue de stations de réception de données, toutes situées sur le continent américain, les données doivent être stockées par des enregistreurs vidéo avant d'être transmises à ces stations. Les enregistreurs vidéo ont une bande passante très large pour permettre un débit important d'informations. Malheureusement, le fonctionnement de l'enregistrement a été défaillant à la fin du mois de mars 1973 et il est probable qu'ERTS-1 ne fournira plus de données MSS pour la France.

SYCI

Les données reçues sont traitées au Centre Goddard de la NASA, à Greenbelt, dans le Maryland (Goddard Space Flight Center ou GSFC). C'est de là qu'elles sont envoyées en France. Les données utilisées par le programme FRALIT sont du type SYCI (System Corrected Image) ; elles sont un peu moins précises que celles de type SCS (Scene Correcting Subsystem).



Les erreurs résiduelles de position au sol peuvent atteindre environ 1000 mètres dans le premier système contre 200 mètres dans le second.

*Formes des
données FRALIT*

Les données SYCI peuvent être fournies sous différentes formes indiquées ci-dessous. Les données requises dans le cadre du programme FRALIT sont cerclées.

IMAGES SUR FILM			
Code	M	S	T
	Film négatif	Film positif	
Format	70 mm	70 mm	9,5 pouces
Echelle Approximative	1/3 369 000	1/3 369 000	1/1 000 000
Noir et blanc SYCI	(X)	X	(X)
Couleurs SYCI			(X)

BANDES MAGNETIQUES		
Code	7	9
	7 pistes	9 pistes
	556 bits par pouce	800 bits par pouce
SYCI	X	(X)

Extension géographique de FRALIT

Le programme FRALIT concerne l'étude des côtes alluviales de la façade océanique de la France aussi bien dans le domaine immergé (transports de sédiments en suspension...) que dans le domaine émergé (plages, dunes, cordons littoraux et marais maritimes). Il couvre un quadrilatère dont les quatre coins ont les coordonnées suivantes :

50°30' N	2°00' W
51°00' N	2°00' E
44°19' N	0°35' W
44°51' N	3°42' W

Ce quadrilatère s'étend du Cap Gris Nez jusqu'au Sud du bassin d'Arcachon ; il prend en écharpe la majeure partie du littoral océanique de la France. Il couvre ainsi les grandes zones de marais maritimes

à l'exception de la Flandre (Bas-Champs Picards, marais de Dol, marais Breton, Poitevin et Charentais), les plus vastes estrans (baies de Somme, des Veys, du Mont Saint-Michel, de Bourgneuf, anse de l'Aiguillon, pertuis Charentais et bassin d'Arcachon) ainsi que les trois plus grands estuaires français (Seine, Loire et Gironde).

Hauteur du Soleil

Compte-tenu de l'horaire de passage et de la latitude, la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon a varié, au cours de la vie utile pour la France du satellite ERTS-1, entre 16° et 50° environ. Bien entendu, les valeurs sont plus élevées, à une même date, pour le Sud que pour le Nord du programme FRALIT. On considère généralement que la qualité des enregistrements baisse si le soleil est à moins de 30° de hauteur au-dessus de l'horizon, ce qui se produit de fin octobre à fin février. Mais cette considération générale est parfois démentie par des circonstances particulières liées aux problèmes étudiés et aux hasards météorologiques.

Couverture nuageuse

On a estimé que les documents ne sont pas exploitables lorsque la couverture nuageuse dépasse 6/10. La NASA ne fournit donc que les documents obtenus avec une couverture inférieure à 6/10. Les conditions météorologiques ont été assez défavorables au cours du second semestre 1972. Cette circonstance et la limitation des possibilités effectives d'enregistrement d'ERTS-1 font que les images reçues ne couvrent pas la totalité du programme FRALIT. En particulier, aucune donnée ne concerne le delta sous-marin de la Gironde, les pertuis d'Oléron, l'anse de l'Aiguillon, les marais Charentais. D'autres images comme celles de la Picardie ou de la baie de Seine présentent des nuages qui oblitèrent le littoral. Toutes les images sont l'objet d'un examen, mais, les travaux les plus poussés (voir tableau) portent exclusivement sur les meilleures d'entre elles.

Technique d'exploitation

Dans tous les cas, les images reçues sont examinées pour déterminer quelles seront les études ultérieures et les demandes complémentaires à adresser à la NASA : demande d'images en couleurs composites, d'images en densité linéaire ou de bandes magnétiques, l'examen liminaire est effectué par transparence à la table lumineuse, d'abord sur les films initiaux, puis sur des films agrandis ou renforcés dans leurs parties les plus intéressantes, par exemple, dans la zone des transports littoraux, pour le programme FRALIT. Le

Examen par transparence

PROGRAMME	Données initiales			TECHNIQUES D'ETUDE	MATERIEL SPECIFIQUE	
	FRALIT	Films	Bandes ma- gnétiques			
						Noir et Blanc
				utilisant : les bandes spectrales séparées <i>les bandes spectrales combinées</i>		
DONNEES	QUALITATIVE			Examen par transparence	Table lumineuse	
		+		Renforcement photographique	Laboratoire photographique	
		+		Agrandissement photographique	Laboratoire photographique	
		+		Sélection de plages d'équi- densité	Laboratoire photographique	
		+		<i>Combinaison multibande de plages d'équidensité</i>	Laboratoire photographique	
		+		<i>Projection en fausses couleurs composites</i>	Laboratoire photographique et visionneuse multibande	
		+		<i>Impression en fausses couleurs composites</i>	Laboratoire photographique et presse offset	
		+	<i>Examen par transparence en fausses couleurs composites</i>	Table lumineuse		
DES	LA DENSITE PHOTOGRAPHIQUE			Transects microdensitométri- ques	Microdensitomètre Joyce Loeb1 3 CS	
		+		Cartes microdensitométriques	Microdensitomètre Joyce Loeb1 3 CS piloté par ordinateur	
		+		Cartes par isophotométrie microdensitométrique	Microdensitomètre Joyce Loeb1 à dispositif isophotométrique	
EXPLOITATION	QUANTITATIVE PAR MESURE DE L'ENERGIE RECUE			+	Statistique de fréquence	Ordinateur IBM 360
				+	Transects numérisés	Ordinateur IBM 360
				+	Cartes numérisées	Ordinateur IBM 360
				+	<i>Statistique de corrélation entre plusieurs canaux</i>	Ordinateur IBM 360
				+	<i>Cartographie thématique automatique.</i>	Ordinateur IBM 360 et table traçante

TABLEAU : Classification des techniques d'exploitation des données employées dans le programme FRALIT.

*Renforcement
photographique*

renforcement de certaines nuances permet de mettre en évidence des phénomènes que l'on ne soupçonnait qu'à peine sur l'original. Ces travaux préliminaires sont conduits bande spectrale par bande spectrale et seuls les calques d'interprétation qui en dérivent peuvent intégrer des informations tirées de bandes spectrales différentes.

*Sélection
d'équidensités*

La méthode photographique des équidensités permet d'isoler des valeurs données de gris sur les images (Figure 3). Cette sélection facilite le tri logique des informations fournies par chaque bande spectrale, puis la combinaison des bandes entre elles. Ainsi, les eaux chargées de vases apparaissent dans un secteur de la baie de Bourgneuf du même gris que certaines zones du marais desséché Poitevin sur une image MSS 5 (Figure 3). L'image MSS 7 permet de discerner les unes des autres puisque les eaux, même chargées de vases, y apparaissent très sombres, alors que les marais y sont représentés par des gris moyens. Cet exemple est très séduisant car il existe en réalité un grand nombre de valeurs de gris et quatre bandes spectrales.

*Films en couleurs
composites*

C'est pour saisir plus directement l'information fournie par plusieurs bandes spectrales à la fois que l'on s'efforce d'examiner des images en couleurs composites. Il s'agit d'ailleurs de couleurs choisies pour faciliter l'interprétation, dites fausses-couleurs, et qui correspondent dans certains cas à des parties non visibles du spectre. Le moyen le plus simple d'examen utilise les films transparents en fausses couleurs composites fournis par la NASA. Ces films comprennent les données :

- soit des bandes 4, 5 et 6
- soit des bandes 4, 5 et 7 du système MSS.

Dans ce dernier cas, par exemple, les données sont traduites par les fausses couleurs suivantes :

MSS 4	:	jaune
MSS 5	:	magenta
MSS 6	:	cyan

Ces couleurs se combinent pour donner une image composite. Relativement facile, cette méthode offre une combinaison que l'on ne peut pas modifier.



MSS 5

Figure 3 : Sélection d'une valeur de gris par la méthode photographique des équidensités (Echelle 1/1 000 000). A cette valeur correspondent notamment :

- des eaux littorales avec une assez forte turbidité (estuaire de la Loire, baie de Bourgneuf, delta de Fromentine) ...
- des zones de marais maritimes (partie occidentale du marais de Monts, partie du marais Poitevin en bas et à droite)...

Les données des autres canaux permettent ensuite d'effectuer le tri des taxons correspondant à cette valeur de gris.

Visionneuse multibande

Un système plus souple consiste à projeter simultanément, dans diverses couleurs, des images issues de bandes spectrales différentes sur l'écran d'une visionneuse dite : visionneuse multibande. Cette méthode permet de modifier à volonté les couleurs, les intensités de chaque image élémentaire. Les films que l'on utilise ont été le plus souvent traités photographiquement avant la projection (par l'adjonction de masques notamment).

Impression en couleurs composites

Une troisième méthode, enfin, consiste à combiner les fausses couleurs par impression. Là encore, il est utile de procéder à des opérations photographiques avant le clichage pour mieux mettre en valeur les phénomènes jugés les plus intéressants. La figure 4, page suivante a été obtenue en utilisant les 4 canaux du système MSS. La légende fournit la clef d'utilisation des canaux 4, 5 et 6. La limite entre l'utilisation des canaux 4 et 6 a été fondée sur une équidensité du canal 7 (*).

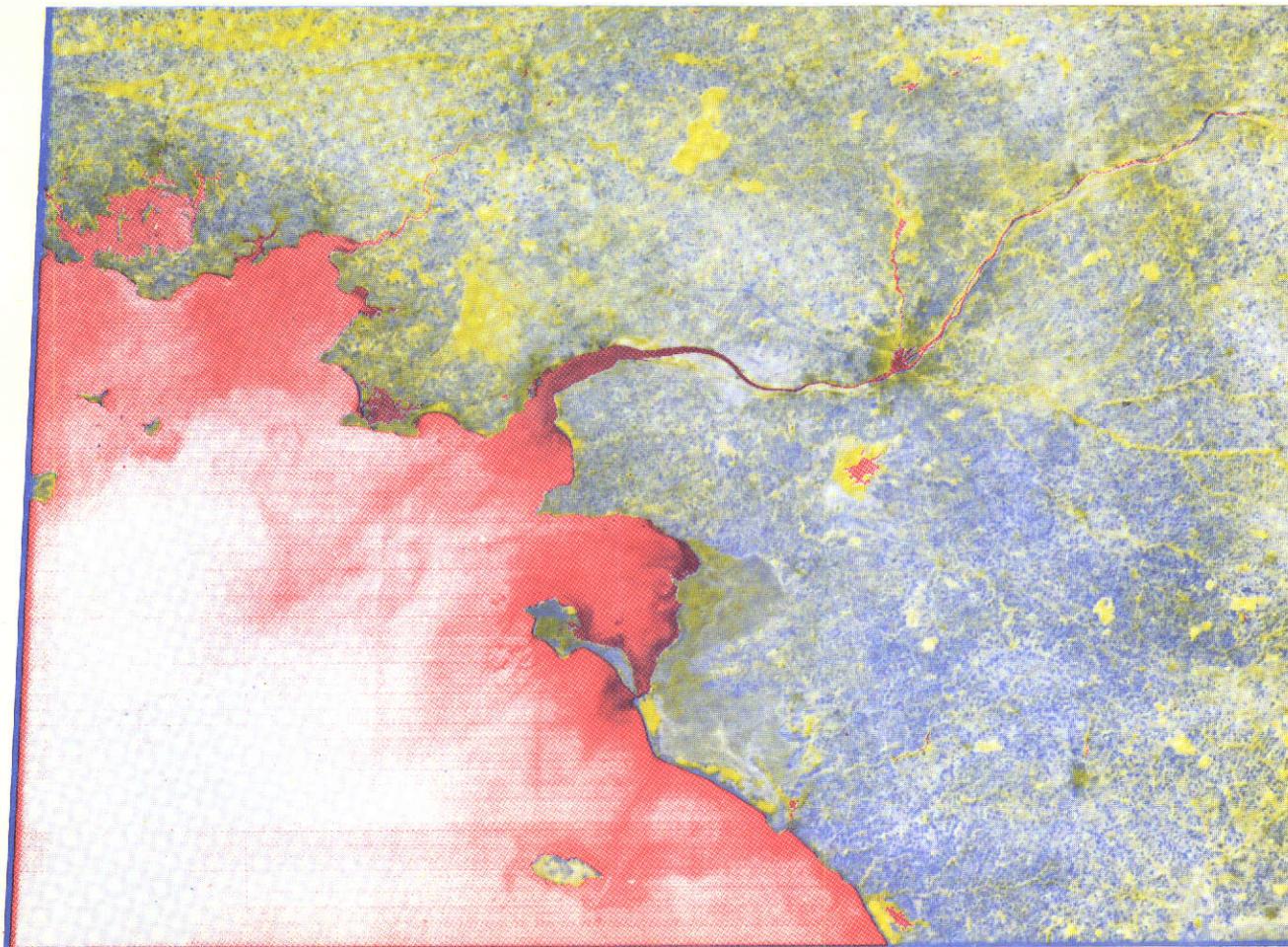
Techniques microdensitométriques

Toutes les techniques précédemment décrites sont qualitatives. Lorsque l'on ne dispose pas des bandes magnétiques, il est possible de tenter de mesurer la densité photographique des films à l'aide d'un microdensitomètre. Les microdensitométries peuvent être effectuées selon des axes rectilignes et l'on obtient alors des transects microdensitométriques (Figure 5) ou sur des aires déterminées et l'on obtient alors des cartes de densité photographique (Figure 6). On peut aussi obtenir des cartes densitométriques à l'aide d'un isodensitracteur associé à un microdensitomètre (Figure 7). Ces techniques permettent une utile approche des méthodes quantitatives.

Bandes magnétiques

Mais, pour effectuer des mesures quantitatives précises, et, en particulier, pour étudier de façon fine les corrélations entre les différentes bandes spectrales transmises par les quatre canaux du système à balayage MSS, il est préférable d'utiliser les bandes magnétiques numériques de la NASA. Ces bandes contiennent, en effet, la totalité de l'information reçue, ce qui n'est pas le cas des retranscriptions photographiques.

(*) Nous remercions MM. T. HUSBERG, S.D.C.G. du C.N. R.S. (Paris) et P. DOUCET, photographe à Dinard, d'avoir mis toute leur habileté pour les travaux photographiques nécessaires pour ces impressions.



NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION IMAGE.

ERTS-1. FRALIT

27 SEPT. 1972

E. 1066. 10 294



MSS 4



MSS 5



MSS 6

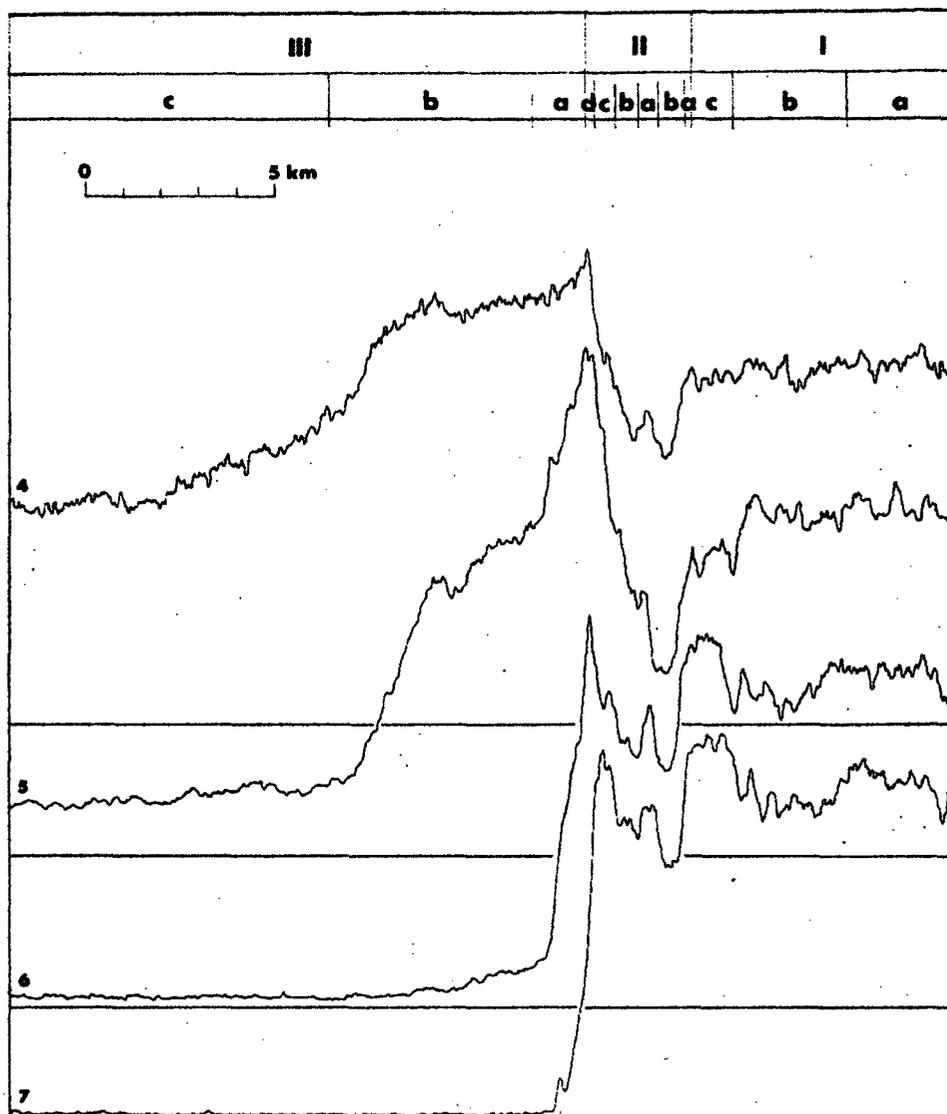


Figure 5 : Transect microdensitométrique multibande MSS 4, 5, 6 et 7 (Microdensitomètre Joyce-Loebl 3 CS). Les milieux distingués sont les suivants (Télédétection à marée descendante le 27 septembre 1972) :

- | | | | |
|-----|-------------------------|---|--|
| I | Marais de Monts | a | plaine côtière à prés permanents |
| | | b | anciens marais salants |
| | | c | cultures |
| II | Plage et dunes de Monts | a | Jardins |
| | | b | forêts de pins maritimes |
| | | c | dune à psammophytes |
| | | d | plage |
| III | Océan atlantique | a | eaux à turbidité très forte (delta sous-marin de Fromentine) |
| | | b | eaux à turbidité forte |
| | | c | eaux à turbidité faible |

Pour la localisation de ce transect, voir figure 10.

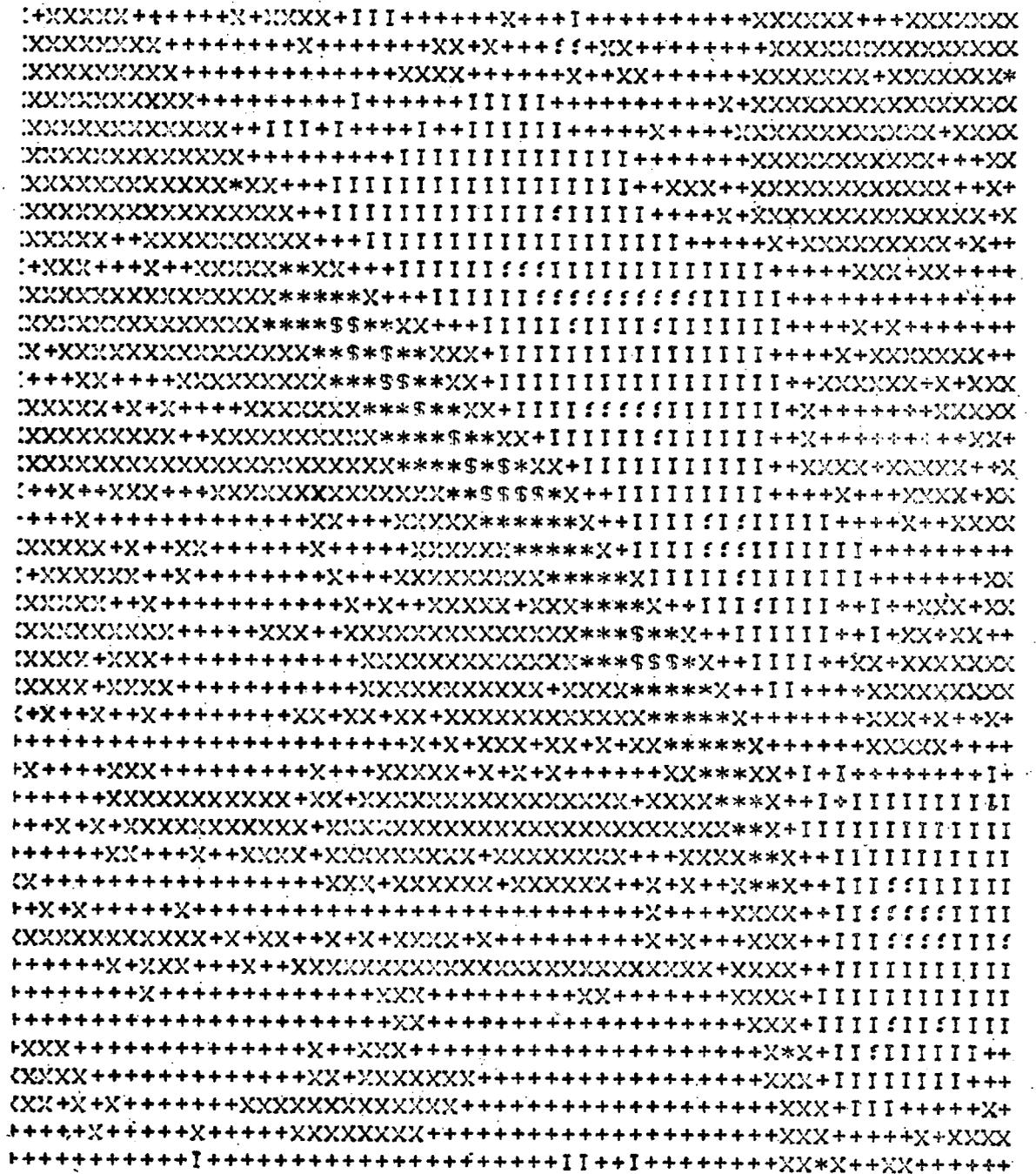


Figure 6 : Extrait d'une carte microdensitométrique obtenue à partir d'un négatif de l'image 1066 10294 MSS 4 (Microdensitomètre Joyce-Loebl 3 CS piloté par un ordinateur digital PDP 8/E). Le document ci-dessus représente le littoral de Saint-Brévin-l'Océan (Loire-Atlantique). La zone de villas et de bois qui s'étend au Nord et au Sud du Boivre est représentée par des I, la plage de sable de Saint-Brévin-l'Océan par des * et des \$. L'échelle verticale du document est très légèrement différente de l'échelle horizontale. Les deux sont proches du 1/25 000. Les plus fortes énergies reçues sont traduites par des ! puis selon un ordre décroissant I + X * \$. Pour la localisation de cette carte, voir figure 10.

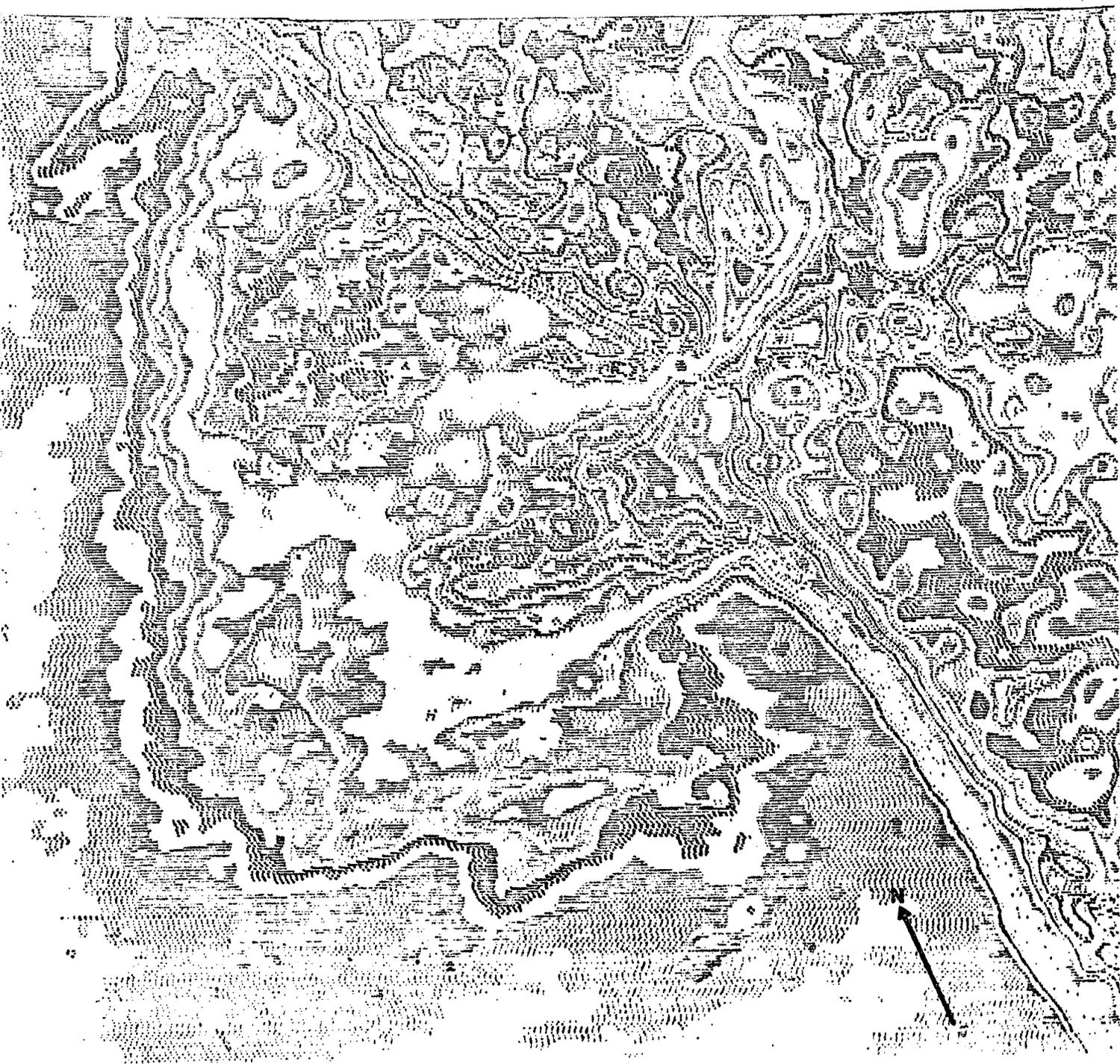


Figure 7 : Représentation au 1/60 000 du panache sédimentaire du goulet de Fromentine par la méthode de l'isodensitracteur Joyce-Loebl 3 CS. Des lignes d'égale densité photographique ont été dessinées à partir du film du canal 4. Sur l'original, les courbes d'égale densité ici représentées en noir sont de couleurs différentes selon leur rang.
Pour la localisation de cette figure, voir figure 10.

Traitement numérique

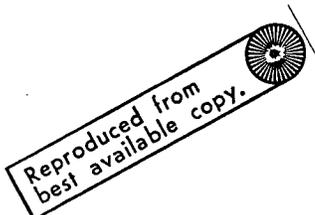
Dans une première phase, le traitement numérique se fait canal par canal : il consiste en une étude statistique des fréquences des énergies reçues (Figure 8). Cette étude permet de fixer des classes d'énergie pour visualiser certains transports ou certaines zones (Figure 9).

Ceci n'est qu'une préparation de la deuxième phase qui, elle, est multispectrale, en ce sens qu'elle considère les corrélations entre les énergies reçues dans les différents canaux. Après une étude statistique des corrélations, des processus de décision interviennent pour distinguer automatiquement les divers taxons géographiques retenus : eaux marines classées selon leur turbidité, vasières, plages, estrans rocheux, dunes littorales, marais maritimes ainsi que forêts, cultures, ensembles géologiques, villes, etc... dont la cartographie peut être ainsi produite automatiquement.

L'exploitation qui n'en est encore qu'à ses débuts des documents fournis par le système de balayage multibande se révèle d'une extrême richesse dans les domaines spécifiques du projet FRALIT qui concerne les transports littoraux, la géomorphologie des estrans et la géographie des marais maritimes.

L'étude des transports sédimentaires

La masse sédimentaire qui forme les marais et les wadden du littoral océanique de la France est très élevée et l'on s'est posé le problème de son origine géographique. Les corrélations tentées entre les dépôts actuels sur les wadden, tels que la baie de Bourgneuf ou l'anse de l'Aiguillon, et les débits solides des fleuves qui y aboutissent, ont établi l'impossibilité d'une origine fluviale immédiate exclusive. Les méthodes qualitatives, comme l'analyse minéralogique des vases, ont montré le mélange de sédiments autochtones et allochtones. Aussi, souhaite-t-on connaître les itinéraires de cheminement des sédiments en suspension dans les eaux peu profondes de la zone littorale. Les mesures de turbidité effectuées en mer ont l'avantage d'une grande précision, mais elles demeurent beaucoup trop sporadiques pour donner une vision d'ensemble. Même les photographies aériennes, dont l'intérêt est souvent diminué par des réflexions spéculaires, doivent être assemblées pour couvrir des surfaces suffisantes et leur information est alors disparate.



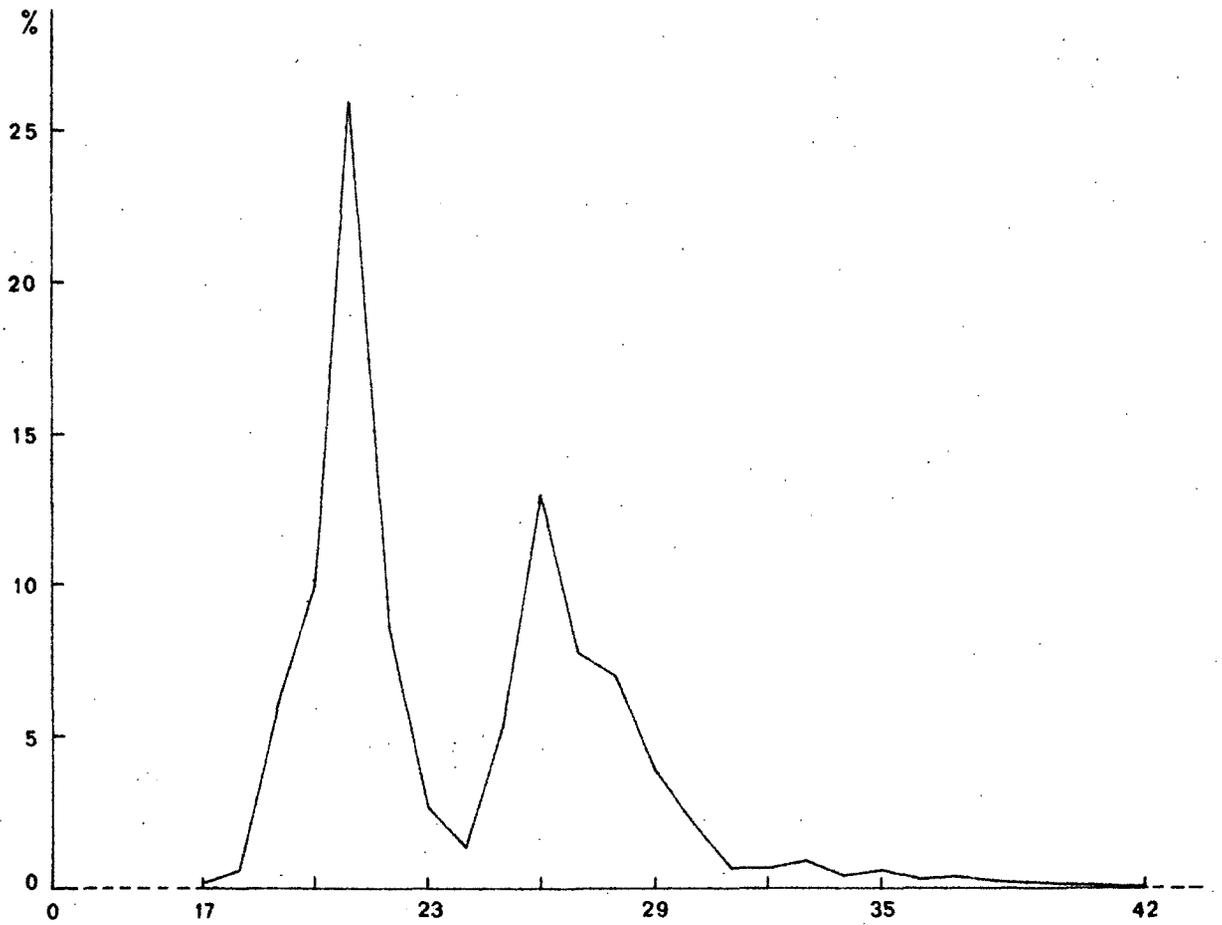


Figure 8. Polygone de fréquence des niveaux d'énergie captée par le système de balayage multispectral dans le canal 4 (Image E.1066.10294.4; strip 3). Sondage portant sur 20200 taches unitaires d'information.

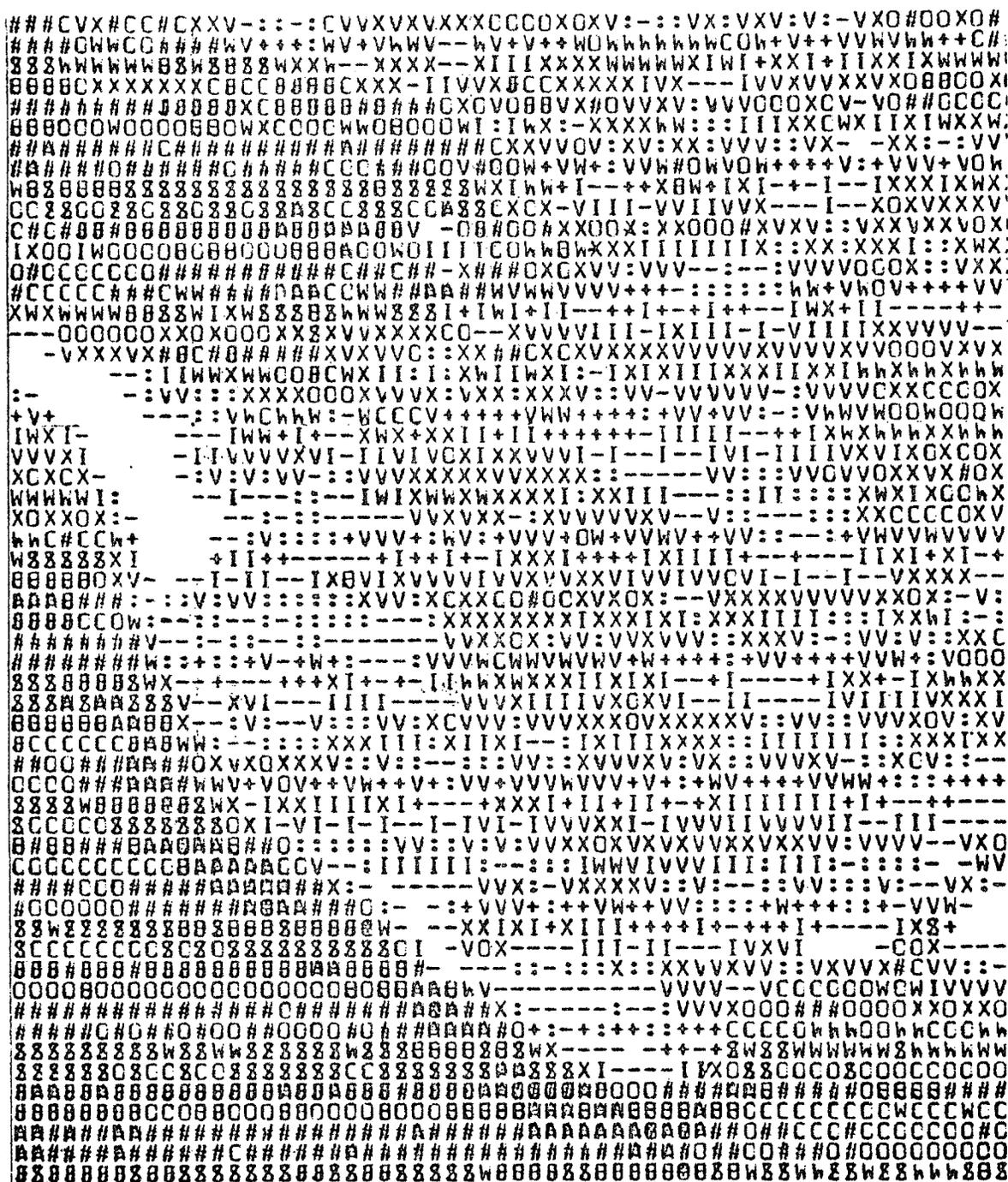


Figure 9 : Extrait d'une carte des énergies reçues par le système à balayage MSS Canal 4. Image 1066 10294, Strip 3, lignes 2143 à 2200 (Ordinateur IBM 360). Le document ci-dessus représente le littoral de Croix-de-Vie (Vendée). Les sables de plage apparaissent en blanc à gauche (côte de Monts au N de Sion) et à l'extrême droite. (extrémité de la plage de La Garenne à St Gilles-Croix-de-Vie). L'échelle verticale du document est très légèrement différente de l'échelle horizontale ; les deux sont proches du 1/25 000. Les plus fortes énergies reçues sont traduites par des blancs, puis viennent dans un ordre décroissant les signes - : + I V X W O # et enfin les superpositions de deux et trois signes. Pour la localisation de cette carte, voir figure 10.

L'heure matinale du passage d'ERTS-1, sa grande altitude qui autorise à la fois une faible ouverture de l'angle de balayage et une grande largeur de la surface balayée, permettent d'obtenir des images synoptiques sur de très vastes étendues. Surtout, le système multispectral permet d'isoler les informations concernant les eaux superficielles fournies par le canal 4 et aussi par le canal 5. On peut ainsi dresser une carte des teneurs sédimentaires, à l'instant du passage du satellite, pour l'estuaire de la Loire, la baie de Bourgneuf, le goulet de Fromentine. Par exemple, les eaux chargées de vase de la baie de Bourgneuf transitent par le goulet de Fromentine le 27 septembre 1972 en dessinant sur les clichés MSS 4 et MSS 5 un panache très remarquable. De même, les images de la baie du Mont Saint-Michel montrent une sorte de bouffée de tange qui double la pointe du Grouin vers le Nord-Ouest lorsque les eaux de la marée se retirent. Dans ce domaine, il est certain que la télédétection à partir de l'espace apporte des renseignements très neufs sur les transports sédimentaires littoraux et l'on souhaiterait que les enregistrements se multiplient pour que l'on dispose de documents concernant divers états de la marée (montante, descendante, vives eaux, mortes eaux...). La connaissance de ces mécanismes n'est pas dénuée d'intérêt pratique pour l'aménagement littoral. Elle est nécessaire pour agir sur le colmatage (que ce soit pour l'accélérer ou l'entraver) comme pour contrôler les cheminements de sédiments en suspension qui peuvent être parfois des vecteurs de pollution.

La géomorphologie des estrans

Dans le domaine de la géomorphologie des estrans l'étude des quatre canaux est nécessaire. Le canal 7 renseigne sur l'humidité des estrans et la limite de la mer à l'instant du passage du satellite. Le canal 4 permet l'identification des différents types de sédiments : sable, tange, vase : on a pu cartographier au 1/50 000 les plages de sables découvertes lors du passage du satellite à partir des données des canaux 4 et 7. Bien d'autres caractères des estrans sont étudiés, comme la progression des schorres ou prés salés de la baie du Mont Saint-Michel. Ces recherches aboutissent à une cartographie automatique sédimentaire, hydrologique et, par déduction, hypsométrique des estrans alluviaux. ERTS-1 fournit ainsi à l'aménagement littoral (mytiliculture, ostréiculture, utilisation des plages, etc...) des informations fort utiles.

La géographie des marais maritimes

Pour les marais maritimes, enfin, l'étude de la géomorphologie est inséparable de la connaissance du milieu : végétation naturelle, cultures, aménage-

ment humain... L'utilisation des données multibandes a permis une cartographie des zones de tourbe et de tange du marais de Dol, la cartographie des cordons littoraux actuels et fossiles du marais de Monts, des zones d'anciens marais salants etc... La comparaison des données des canaux 5 et 7 actuellement en cours doit permettre de proposer une classification des marais maritimes fondée sur la répartition géographique de leur humidité. Ce n'est qu'après un certain lissage statistique que l'expression cartographique obtenue sera vraiment satisfaisante. Il faut signaler que la durée de vie du système d'enregistrement n'a pas permis de couvrir un cycle annuel, mais de futures expériences viendront combler un jour ou l'autre cette lacune.

Enfin, si les efforts du programme FRALIT portent spécifiquement sur le domaine littoral, les documents sont aussi parfois exploités pour la reconnaissance de divers taxons continentaux qui intéressent la connaissance de la Terre et de ses ressources ; il faut d'ailleurs souvent les étudier pour parvenir à bien les discerner des taxons littoraux qui peuvent avoir des signatures spectrales assez voisines.

*Richesse de
l'information*

La télédétection à partir du satellite automatique ERTS-1 présente de multiples avantages. Tout d'abord, les données sont fournies dans quatre bandes spectrales pour chaque tache unitaire d'information. Alors qu'une photographie ordinaire en noir et blanc ne fournit qu'une valeur de gris pour chaque point, ERTS-1 fournit 4 valeurs dont la combinaison constitue une information extrêmement riche. Cette richesse même oblige à établir des chartes de plus en plus complexes et de plus en plus précises des signatures spectrales des différents faciès de la surface terrestre. C'est à ce travail de collecte et de vérification des clefs d'interprétation que s'attache, pour le domaine littoral océanique de la France, l'équipe pluridisciplinaire du programme FRALIT.

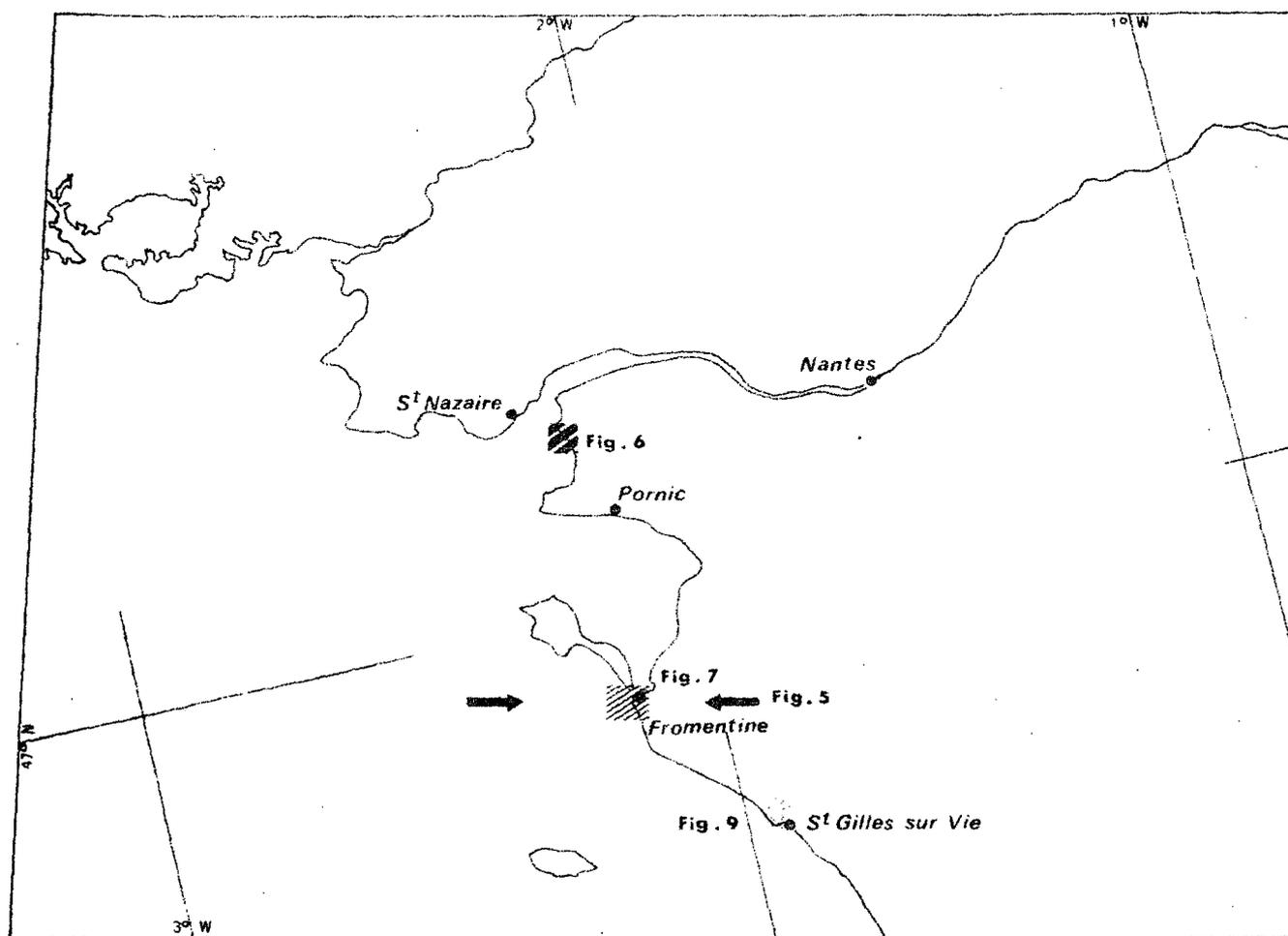
*Numérisation de
l'information*

En second lieu, les données sont numériques et l'exploitation d'une telle masse d'information ne peut être faite avec précision qu'automatiquement. Les clichés photographiques, issus des données numériques d'ailleurs, ne sont pas inutiles puisqu'ils permettent de déterminer économiquement les domaines d'études, de faciliter le raisonnement initial d'analyse et l'élaboration liminaire des processus logiques d'interprétation.

*Haut niveau
taxonomique
de l'information*

Enfin, les documents sont homogènes sur des grandes étendues grâce à l'altitude des capteurs, à la petitesse de l'angle de balayage et à la rapidité de la trajectoire orbitale. Cette homogénéité, la dimension de la tâche unitaire d'information, la possibilité de lissage statistique des données numériques permettent de s'élever dans l'échelle taxonomique de la connaissance de la surface terrestre, beaucoup plus facilement et surtout beaucoup plus sûrement qu'on ne le fait par généralisation cartographique lors de la réduction de levés à grande échelle.

Données multispectrales, numérisées, homogènes sur de grandes étendues constituent l'immense intérêt d'ERTS-1 pour la télédétection des ressources terrestres ; elles apportent à la connaissance des phénomènes littoraux un outil d'autant plus précieux que les observations de surface y sont souvent difficiles.



ERTS-1. FRALIT

27 SEPT. 1972

E. 1066. 10 294

Figure 10 : Croquis de localisation des figures 5, 6, 7 et 9.

5 : Transect microdensitométrique.

6 : Carte microdensitométrique.

7 : Carte isodensitométrique.

9 : Carte des énergies reçues (visualisation des données des bandes magnétiques).

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- 1) NASA Earth Resources Technology Satellite, Data Users Handbook, *Goddard Space Flight Center*, Edition du 15 septembre 1971 et révisions du 15 février, 4 mai, 18 juillet, 8 septembre, 15 septembre et 17 novembre 1972.
- 2) BADGLEY (P.C.), MILOY (L.) et CHILDS (L.) : Oceans from Space. *Gulf Publishing Co. Houston*. 1969, 234 p.
- 3) CAZABAT (Ch.), DEMATHIEU (P.), DUPUIS (J.) et VERGER (F.) : Le Programme FRALIT. Télédétection, par le satellite ERTS-A, du littoral océanique de la France. *Bulletin d'Information I.G.N.*, N° 19, septembre 1972, 9 p.
- 4) Earth Resources Technology Satellite - 1. *Symposium Proceedings*, september 29, 1972, *NASA, Goddard Space Flight Center*, 1973, 165 p.
- 5) EGAN (W.G.) et HAIR (M.E.) : Automated delineation of wetlands in photographic remote sensing. *7th International Symposium Remote Sensing Environ.* Ann Arbor, Michigan. 1971, III, pp. 2231-2251.
- 6) POUQUET (J.) : Les Sciences de la Terre à l'heure des satellites, Paris. *Presses Universitaires de France*. 1971.
- 7) TESSIER (R.) et ALOUGES (A.) : Principes généraux de la détection à distance *in* Principes de la détection à distance et application à l'étude des ressources terrestres, *CNES et Université du Michigan*, 4-6 novembre 1969, pp. 1-71.
- 8) VERGER (F.) : Marais et wadden du littoral français, étude de géomorphologie littorale. *Biscaye frères, imprimeurs*, Bordeaux 1968, 544 p. + 2 cartes h.t.
- 9) VERGER (F.) et al. : Marshes and turbid waters in the french atlantic littoral. *NASA C.R. 130800*, February 28, 1973, 43 p.
- 10) VERGER (F.) : Un programme de télédétection sur le littoral français (Satellite ERTS-A de la NASA). *Actes du 97e Congrès des Sociétés Savantes*. Nantes 1972. Paris. *Imprimerie Nationale* (sous presse).
- 11) YOST (E.) et WENDEROTH (S.) : Remote sensing of coastal waters using multispectral photographic techniques. *Long Island University*. January, 1970, 209 p.

TABLE DES MATIERES

Le projet FRALIT.....	1
L'accord avec la NASA.....	1
L'orbite d'ERTS-1.....	1
Le MSS.....	1
Les bandes spectrales.....	1
Le balayage.....	3
La tache unitaire au sol.....	3
L'enregistrement des données.....	3
Les données SYCI.....	3
Les formes des données FRALIT.....	4
L'extension géographique de FRALIT.....	4
La hauteur du soleil.....	5
La couverture nuageuse.....	5
Les techniques d'exploitation.....	5
Examen par transparence.....	5
Renforcement photographique.....	7
Sélection d'équidensité.....	7
Films en couleurs composites.....	7
Visionneuse multibande.....	9
Impression en couleurs composites.....	9
Techniques microdensitométriques.....	9
Bandes magnétiques.....	9
Traitement numérique.....	14
L'étude des transports sédimentaires.....	14
La géomorphologie des estrans.....	17
La géographie des marais maritimes.....	17
Richesse de l'information.....	18
Numérisation de l'information.....	18
Haut niveau taxonomique de l'information.....	19
Bibliographie sommaire.....	21

Le Directeur de la Publication : Fernand VERGER

Dépôt légal : 3ème trimestre 1973